

Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah PT Surabaya Industrial Estate Rungkut – Management of Pasuruan Industrial Estate Rembang

Performance Evaluation Of Wastewater Treatment Plant PT Surabaya Industrial Estate Rungkut - Management Of Pasuruan Industrial Estate Rembang

Fahmi Alpha Yanitra¹, Alexander Tunggul Sutan Haji^{2*}, Bambang Suharto²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang

²Dosen Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang

*Email korespondensi : alexandersutan@ub.ac.id

ABSTRAK

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT SIER-PIER mengolah air limbah industri dan domestik yang dihasilkan dari kegiatan perindustrian di kawasan PT SIER-PIER. IPAL ini telah berdiri sejak 1989. Seiring berjalannya waktu, pertumbuhan dan perkembangan industri semakin meningkat sehingga menambah beban IPAL. Sehubungan dengan beban yang semakin berat maka perlu dilakukan evaluasi untuk mengetahui kinerja. Evaluasi akan dilakukan secara menyeluruh pada tiap-tiap unit pengolahan. Pengukuran dan pengujian lapang dilakukan untuk memperoleh data dan selanjutnya akan dilakukan perhitungan kinerja. Perhitungan kinerja akan dibandingkan dengan standar kriteria desain tiap unit. Hasil penelitian diperoleh debit inlet rata-rata $0.049 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ dan debit puncak $0.074 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Karakteristik inlet air limbah pada parameter pH, BOD, COD dan TSS memenuhi standar buangan IPAL PT SIER-PIER. Outlet air limbah yang dihasilkan dari IPAL PT SIER-PIER sesuai dengan baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013. Secara keseluruhan kinerja IPAL masih baik. Namun terdapat beberapa parameter yang tidak sesuai dengan standar kriteria desain. Parameter tersebut terdapat pada masing-masing unit pengolahan.

Kata kunci: air limbah, evaluasi IPAL, kawasan industri SIER-PIER

Abstract

Wastewater Treatment Plant (WWTP) PT SIER-PIER treats domestic and industrial wastewater that was produced from industrial activities in the area of PT SIER-PIER. The WWTP has stood since 1989. Over time, the growth and development of the industry has increased so increase the load of the WWTP. In connection with the increasingly heavy load of evaluation should be conducted to determine the performance. The evaluation would be done thoroughly at each processing unit. Measurement and analysis conducted to obtain data field and would be calculation performance. The calculation of the performance would be compared to standard design criteria for each one unit. Results of the research were the inlet wastewater debit on average $0.049 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ and on peak $0.074 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Characteristics of waste water inlet on the parameters of pH, BOD, COD and TSS had been according to the standard of inlet WWTP PT SIER-PIER. Outlet wastewater produced from WWTP PT SIER-PIER according to the quality standard of Governor Regulation of East Java number 72 in 2013. Overall WWTP performance is still good. However, there are some performance parameters that are not accordance with standard design criteria. The parameters contained in each one processing unit.

Keywords: industrial estate, wastewater, WWTP evaluation

PENDAHULUAN

Aktivitas industri yang terus berjalan akan memberikan produk yang dapat memenuhi kebutuhan hidup manusia, namun dalam aktivitas produksi tersebut terdapat bahan buangan yang disebut limbah, dimana limbah tersebut harus dilakukan treatment terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah cair atau air limbah merupakan salah satu jenis limbah yang banyak dihasilkan dalam kegiatan perindustrian. Secara normatif pemerintah telah membuat aturan tentang pengolahan limbah cair, antara lain Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan / atau Kegiatan Usaha Lainnya.

PT SIER-PIER memiliki IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) yang menggunakan pengolahan air limbah dengan metode fisik (*primary treatment*) dan metoda biologi (*secondary treatment*) tanpa menggunakan atau menambahkan bahan kimia. Pengolahan awal dalam sebuah pengolahan air limbah adalah pengolahan dengan metode fisik, hal ini dikarenakan metode fisik berfungsi untuk mengendapkan, menyaring dan menghilangkan partikel-partikel pasir atau pertikel dan benda yang lebih besar yang terapung atau tenggelam yang dapat menghambat bahkan merusak kinerja mesin pada pengolahan selanjutnya.

Instalasi Pengolahan Air Limbah di kawasan industri Rembang ini telah berdiri sejak tahun 1989. Seiring berjalannya waktu, pertumbuhan dan perkembangan industri yang berada di kawasan tersebut semakin meningkat. Dibuktikan dengan semakin banyak jumlah industri yang bernaung didalamnya. Hal tersebut berpotensi akan menambah kuantitas limbah yang harus diolah oleh IPAL PT SIER-PIER. Dilain sisi bertambahnya usia IPAL dapat menyebabkan efisiensi IPAL PT SIER-PIER mengalami penurunan. Sehubungan dengan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian evaluasi kinerja instalasi yang mengolah limbah dari proses awal limbah masuk instalasi sampai dengan limbah tersebut dibuang ke lingkungan. Evaluasi dilakukan terhadap efektifitas dan efisiensi IPAL serta kesesuaian *outlet* air limbah dengan baku mutu.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kualitas air limbah yang dihasilkan, mengetahui kinerja masing - masing unit dan mengetahui efisiensi removal total IPAL PT SIER-PIER.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan yang dimulai pada bulan Maret 2016 sampai dengan bulan Mei 2016. Lokasi penelitian dilakukan pada PT SIER-PIER (*Pasuruan Industrial Estate Rembang*) yang berlokasi di Jl. Rembang Industri IV/15 Kawasan Industri PIER Rembang Bangil, dengan koordinat 07°36'509" LS dan 112°49'111" BT.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan data primer. Berikut data sekunder pada Tabel 1. Untuk data Primer terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Data Sekunder Penelitian

Data	Keterangan
Gambaran umum PT SIER-PIER	Profil perusahaan, sejarah dan keterangan lainnya.
Jumlah dan jenis perusahaan	Jumlah seluruh perusahaan dan jenis aktivitasnya yang berada pada wilayah studi.
Debit pada IPAL	Data <i>log sheet</i> atau <i>history</i> debit air limbah minimal 1 tahun terakhir.
Karakteristik air limbah	Data <i>log sheet</i> atau <i>history</i> karakteristik air limbah minimal 1 tahun terakhir.
Diagram alir proses	Diagram alir (<i>flow chart</i>) IPAL
Gambar desain dandimensi IPAL	DED sebagai data evaluasi desain IPAL.
Kondisi eksisting IPAL	Kondisi IPAL pada saat ini yang meliputi kondisi bangunan dan kinerja tiap unitnya.

Tabel 2. Data Primer Penelitian

Data	Keterangan
Debit air limbah	Debit air limbah diukur pada <i>inlet</i> air limbah
Karakteristik <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> pada tiap unit pengolahan	Karakteristik fisik meliputi TSS dan suhu. Karakteristik kimia meliputi pH, COD dan BOD

Pengukuran Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah pada penelitian ini berfungsi untuk memper-hitungkan beban hidrolis yang nantinya akan berfungsi sebagai acuan waktu pengambilan sampel dan perhitungan waktu tinggal tiap unit pengolahan. Debit air limbah yang berada pada IPAL tentunya mengalami fluktuasi, oleh karena itu pada penelitian ini pengukuran debit air limbah akan dilakukan dengan dua cara perhitungan dimana tiap caranya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing sehingga hasil dari kedua metode tersebut akan dirata-rata untuk mendapatkan hasil yang representatif. Dua cara perhitungan tersebut yaitu menggunakan metode *area velocity* dan pengukuran debit pada *flowmeter* IPAL.

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel menggunakan metode *grab sample*. Lokasi pengambilan sample dilakukan pada titik *inlet* dan *outlet* pada tiap unit pengolahan maupun keseluruhan IPAL dengan rentang waktu yang sesuai dengan waktu tinggal hidrauliknya. Pengambilan sampel kualitas air limbah dilakukan pada hari kerja umum, yaitu pada antara Hari Senin–Jumat.

Analisis Data

Analisis data yang dilakukan meliputi tiga kajian utama sebagai berikut.

1. Analisis *Inlet* Air Limbah

Analisis ini dilakukan dengan menghi-tung debit limbah rata-rata dan debit puncak IPAL. Selain itu juga dilakukan pengujian kualitas *inlet* air limbah pada IPAL. Kualitas inlet yang didapatkan akan dibandingkan dengan standar buangan IPAL PT SIER-PIER.

2. Analisis Proses Pengolahan

Analisis proses pengolahan dilakukan dengan mengacu pada standar kriteria desain pada masing-masing unit. Parameter kinerja yang akan dihitung adalah sebagai berikut.

1. Waktu tinggal hidraulik, untuk mengetahui waktu rata-rata air limbah berada dalam unit pengolahan
2. Efisiensi removal yang berfungsi untuk mengetahui efisiensi unit dalam mendegradasi zat pencemar.
3. *Over Flow Rate* (OFR), yaitu perbandingan antara debit dan luas permukaan dari tiap unit pengolahan.
4. Kondisi terhadap penggerusan (*scouring velocity*), di mana di dalam bak pengendap, kecepatan horisontal partikel perlu dijaga (tidak melebihi kecepatan kritis) agar partikel yang telah terendapkan tidak tergerus dari dasar bak.
5. Kontrol aliran meliputi kontrol bilangan *Reyold* dan *Froud*.
6. Beban organik (*organic loading*), yaitu jumlah BOD atau COD diterapkan pada volume unit aerasi.
7. *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS), isi dalam bak aerasi pada proses pengolahan.
8. *Solid Loading*, beban padatan yang dapat ditampung oleh bak pengendap.
9. *F/M ratio*, yaitu perbandingan antara substrat (*food*) terhadap mikroorganisme yang memakannya (*M*) di unit aerasi.
10. Nilai pengembalian lumpur digunakan untuk mengetahui nilai *return sludge*.
11. Umur lumpur atau umumnya disebut dengan waktu tinggal rata-rata sel.
12. Jumlah kebutuhan oksigen untuk mengetahui kebutuhan oksigen pada unit aerasi.

3. Analisis *Outlet* Air Limbah

Analisis outlet air limbah dilakukan dengan melakukan tiga analisis sebagai berikut.

1. Efisiensi removal total proses pengolahan, untuk mengetahui efisiensi kemampuan IPAL dalam mendegradasi zat pencemar.
2. Analisis kualitas outlet air limbah yang mana hasilnya akan dibandingkan

dengan baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013.

- Analisis kapasitas debit maksimal guna mengetahui kemampuan IPAL dalam menampung maksimal debit air limbah yang masuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Debit Air Limbah

Perhitungan debit dengan menggunakan alat flowmeter menggunakan data *history* pada bulan Januari 2015 sampai dengan Maret 2016. Sedangkan perhitungan debit secara langsung dengan metode area velocity dilakukan selama tiga hari pada pagi, siang dan sore yang dimulai pada tanggal 24-30 Maret 2016. Hasil perhitungan debit terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Debit Air Limbah

Cara Perhitungan	Q (m ³ s ⁻¹)	Q (m ³ day ⁻¹)
Pengukuran		
Langsung	0.054	4630.704
Flowmeter	0.044	3834.499
Debit Rata-rata	0.049	4232.602
Debit Puncak	0.074	6415.538

Karakteristik Air Limbah

Rata-rata dari seluruh pengambilan sampel yang dilakukan telah memenuhi standar *inlet* IPAL PT SIER-PIER. Hasil analisis inlet air limbah dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4..Hasil Analisis *Inlet* Air Limbah

Pengambilan Sampel	COD (mg/l)	pH	BOD (mg/l)	TSS (mg/l)
Senin Pagi	292.5	3	131.6	140
28/03/2016 Siang	470.0	7	211.5	128
Selasa Pagi	341.8	7	153.8	326
29/03/2016 Siang	517.3	7	232.8	260
Rabu Pagi	288.6	7	129.9	268
30/03/2016 Siang	4680	7	210.6	132
Kamis Pagi	509.8	7	229.41	432
31/03/2016 Siang	509.4	7	229.2	324
Jumat Pagi	138.7	6	62.42	452
01/04/2016 Siang	345.8	7	155.6	724
Rata-rata	388.19	6.5	174.683	318.6
Standar Inlet	3000	6-9	1500	400

Sumber: analisis laboratorium

Evaluasi Bak Pengendap Pertama

Hasil evaluasi bak pengendap pertama dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Evaluasi Kinerja Bak Pengendap Pertama

Parameter	Standar	Hasil	Keterangan
HRT (jam)*	1.5-2.5	2.64	Tidak Sesuai
OFR Q_{ave} (m ³ /m ² .hari)*	25-30	21.163	Tidak Sesuai
OFR Q_{peak} (m ³ /m ² .hari)*	50-70	32.078	Tidak Sesuai
NRe	<2000	4189.057	Tidak Sesuai
NFr	>10 ⁻⁵	2.94x10 ⁻⁷	Tidak Sesuai
Vsc (m/dt)*	> 3x10 ⁻³	17 x 10 ⁻³	Sesuai
pH**	6-9	7.467	Sesuai
Efisiensi Removal**			
TSS (%)	50-65	62.556	Sesuai
COD (%)	30-40	44.405	Tidak Sesuai
BOD (%)	30-40	41.893	Tidak Sesuai

Keterangan:

* : Metcalf & Eddy (1991), ** : Qasim (1986)

Berdasarkan pengamatan visual limbah yang masuk masih banyak mengandung sampah padat, untuk menangani sampah-sampah tersebut perlu ditambahkan *bar screen* yang dipasang pada saluran *inlet*. Nilai HRT yang melebihi standar dan OFR yang kurang dari standar dapat diketahui bahwa bak pengendap awal masih mampu menampung debit yang lebih besar dari debit sekarang. HRT yang melebihi standar dapat diartikan bahwa volume bak pengendap masih terlalu besar dibandingkan debit yang masuk, sehingga kekurangannya adalah partikel yang terendap lebih cepat memenuhi ruang lumpur dan menyebabkan lebih sering melakukan penyedotan lumpur ataupun pengurasan.

Kondisi aliran eksisting dihitung dengan Bilangan *Renold* (NRe) dan Bilangan *Froud* (NFr). NRe kondisi eksisting adalah >2000 yakni dengan nilai 4189.057 sehingga sifat alirannya adalah turbulen. Sedangkan NFr kondisi eksisting < 10⁻⁵ yakni dengan nilai 2.938x10⁻⁷ sehingga menimbulkan aliran singkat (*short circuit*). Untuk mengoptimalkan kinerja bak pengndap pertama maka perlu menjaga aliran tetap laminar, sehingga perlu dibuat *perforated baffle*.

Evaluasi *Grit Chamber*

Hasil evaluasi *grit chamber* terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Evaluasi Kinerja *Grit chamber*

Parameter	Standar	Hasil	Keterangan
HRT (s)*	45-90	345.68	Tidak Sesuai
vh (m s ⁻¹)*	0.25-0.40	0.04	Tidak Sesuai
Vsc*	>0.040	0.56	Sesuai
Periode Pengurasan (hari)*	41	Situasional	Tidak sesuai
pH**	6-9	7.5	Sesuai
Efisiensi Removal**			
TSS (%)	0-10	25%	Tidak Sesuai

Keterangan:

* : Metcalf & Eddy (1991), ** : Qasim (1986)

Pintu air pada kedua bak terdapat perbedaan pada pengaturan levelnya. Hal tersebut dapat menyebabkan kerja bak yang tidak seimbang sehingga level pintu air pada kedua bak harus diatur sama untuk mempermudah menentukan periode pengurasan.

Nilai HRT yang kecil dikarenakan debit air limbah yang masih kecil, tidak sebanding dengan kapasitas *grit chamber* yang besar. Hal tersebut menyebabkan efisiensi removal parameter TSS pada *grit chamber* menjadi besar dan melebihi standar. Efisiensi removal yang melebihi standar akan menyebabkan *grit storage* cepat penuh dan periode pengurasan yang dilakukan akan semakin cepat. *Grit storage* yang penuh dan tidak dilakukan pengurasan akan menyebabkan partikel *grit* terbawa oleh aliran air limbah ke unit pengolahan selanjutnya. Salah satu cara mengurangi hal tersebut terjadi adalah dengan menghitung periode pengurasan dan menerapkan periode pengurasan sesuai perhitungan.

Evaluasi *Secondary Settling Tank*

Hasil evaluasi *secondary settling tank* terdapat pada Tabel 7. HRT yang melebihi standar dan OFR yang kurang dari standar dapat diketahui bahwa bak pengendap masih mampu menampung debit yang lebih besar lagi dari debit sekarang.

Nilai HRT yang melebihi standar seharusnya akan berdampak pada kenaikan efisiensi removal, karena jika HRT besar maka air limbah yang tinggal dalam bak akan memakan waktu lebih lama, sehingga jumlah partikel tersuspensi yang terendap akan lebih banyak. Untuk parameter BOD dan COD juga demikian, karena semakin lama limbah berada pada *secondary settling tank* maka akan terjadi degradasi oleh mikroorganisme lokal dengan waktu yang lebih lama sehingga akan

menaikan efisiensi removal pada BOD dan COD. Standar dari efisiensi removal BOD dan COD adalah 30-40% namun pada hasil perhitungan didapat-kan efisiensi removal BOD 18.866% dan COD 14.792%. Kondisi ini berbeda dengan bak pengendap pertama dan *grit chamber* yang memiliki HRT dan efisiensi removal yang berbanding lurus. Salah satu kemungkinan yang terjadi pada kondisi demikian adalah dikarenakan parameter pencemar (TSS, BOD dan COD) sudah ter removal secara maksimal pada bak pengendap pertama dan *grit chamber*. Hal tersebut ditunjukkan dengan data efisiensi removal pada bak pengendap pertama dan *grit chamber* yang memiliki nilai melebihi standar, sehingga air limbah yang keluar tidak mampu diolah lagi dengan proses pengendapan.

Tabel 7. Evaluasi kinerja *secondary settling tank*

Parameter	Standar	Hasil	Keterangan
HRT (jam)*	1.5-2.5	3.733	Tidak Sesuai
OFR Q _{ave} (m ³ m ⁻² .day ⁻¹)*	25-30	12.215	Tidak Sesuai
OFR Q _{peak} (m ³ m ⁻² .day ⁻¹)*	50-70	18.515	Tidak Sesuai
pH**	6-9	7.333	Sesuai
Efisiensi Removal**			
TSS (%)	50-65	14.365	Tidak Sesuai
COD (%)	30-40	14.792	Tidak Sesuai
BOD (%)	30-40	18.866	Tidak Sesuai

Keterangan:

* : Metcalf & Eddy (1991), ** : Qasim (1986)

Evaluasi *Oxidation Ditch*

Oxidation ditch merupakan unit proses yang berada pada IPAL PT SIER-PIER. Unit ini menggunakan proses biologis yang memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi zat pencemar yang berada pada air limbah. Hasil evaluasi terdapat pada Tabel 8.

HRT yang melebihi standar tidak berpengaruh secara signifikan dikarenakan pada parameter lain sudah sesuai standar, selain itu HRT yang melebihi standar nilainya tidak terlalu tinggi sehingga masih bisa ditoleransi. Efisiensi removal pada kedua sesuai dengan standar.

Kandungan MLSS dipengaruhi oleh pencampuran limbah pada bak aerasi, tidak sepenuhnya pencampuran limbah akan menurunkan kandungan MLSS sehingga kandungan MLSS akan menjadi rendah. Rendahnya nilai MLSS juga akan

mempengaruhi nilai F/M ratio yang akan menjadi rendah pula sehingga akan mempengaruhi proses pengolahan (Linvil, 1980).

Tabel 8. Evaluasi kinerja *oxidation ditch*

Parameter	Standar	Hasil	Keterangan
HRT (jam)*	18-36	37.139	Tidak Sesuai
MLSS OD1 (mg.L ⁻¹)*	3000-6000	3697.5	Sesuai
MLSS OD2 (mg.L ⁻¹)*	3000-6000	4798	Sesuai
F/M ratio OD1 (day ⁻¹)*	0.05-0.3	0.054	Sesuai
F/M ratio OD2 (day ⁻¹)*	0.05-0.3	0.052	Sesuai
L _{org} OD1 (kg BOD m ⁻³ .day ⁻¹)*	0.1-0.6	0.289	Sesuai
L _{org} OD2 (kg BOD m ⁻³ .day ⁻¹)*	0.1-0.6	0.239	Sesuai
SRT OD1 (day)*	15-30	17.880	Sesuai
SRT OD2 (day)*	15-30	20.441	Sesuai
Rasio Resirkulasi OD1*	0.75-1.5	1.290	Sesuai
Rasio Resirkulasi OD2*	0.75-1.5	1.305	Sesuai
R _o OD1 (kgO ₂ .jam ⁻¹)	<180	57.571	Sesuai
R _o OD2 (kgO ₂ .jam ⁻¹)	<180	60.489	Sesuai
pH OD1**	6-9	7.283	Sesuai
pH OD2**	6-9	7.267	Sesuai
Efisiensi Removal**			
TSS OD1 (%)	80-90	73.016	Sesuai
TSS OD2 (%)	80-90	81.283	Sesuai
COD OD1 (%)	80-90	88.389	Sesuai
COD OD2 (%)	80-90	83.811	Sesuai
BOD OD1 (%)	80-90	89.445	Sesuai
BOD OD2 (%)	80-90	85.082	Sesuai

Sumber: Hasil analisis penulis

Keterangan:

*: Metcalf & Eddy (1991), **: Qasim (1986)

F/M ratio pada kedua bak *oxidation ditch* sudah sesuai standar. Cara mengatur nilai F/M ratio adalah dengan mengatur MLSS pada kedua bak *oxidation ditch* dan dibandingkan dengan *return sludge* (RS). Perbandingan yang pas secara berurutan OD1 : OD2 : RS adalah 4 : 4 : 8. Jika perbandingan RS melebihi 8 maka lumpur harus dibuang ke *sludge drying bed*, namun jika perbandingan kurang maka tidak dilakukan pembuangan lumpur. *Organic loading* yang sesuai standar dikarenakan nilai MLSS yang sesuai pula (Linvil, 1980).

Sludge Retention Time (SRT)/umur lumpur pada OD1 adalah 17.88 hari dan OD2 adalah 20.441 hari, sehingga sudah sesuai dengan standarnya yaitu sebesar 15-30 hari. Parameter ini menunjukkan waktu tinggal rata-rata sel (*mean cell residence time*) dalam sistem lumpur

aktif. Umur lumpur dapat bervariasi tergantung suhu, semakin rendah suhunya maka umur lumpur semakin lama (Bitton, 2005). Kebutuhan oksigen (R_o) kedua bak sudah dapat dipenuhi dengan keempat rotor pada tiap baknya, dimana kapasitasnya adalah 45 kgO₂ jam⁻¹ rotor⁻¹. Pada kondisi eksisting, keempat rotor tersebut dijalankan secara kontinyu selama 24 jam tanpa berhenti. Rotor akan diperhentikan jika sedang dilakukan proses pengegrisan, pemberian oli atau mengalami kerusakan. Kebutuhan oksigen kedua bak *oxidation ditch* sebenarnya dapat dipenuhi dengan menggunakan dua rotor saja. Sehingga pengoprasian rotor dapat diaplikasikan secara bergantian supaya didapatkan hasil yang optimal dan rotor tidak cepat rusak.

Evaluasi *Final Settling Tank*

Hasil evaluasi *final settling tank* terdapat pada Tabel 9. FST1 dilengkapi dengan venot sehingga partikel-partikel yang terapung tertinggal pada permukaan air dan akan disedot dengan pompa untuk dibuang secara terpisah dengan *outlet* FST1. Sedangkan pada FST2 tidak dilengkapi venot sehingga endapan langsung terbuang bersamaan dengan *outlet* FST2. Endapan yang terbuang dari FST2 akan mencemari *outlet* IPAL, sehingga perlu dipasang venot pada FST2.

Tabel 9. Evaluasi Kinerja *Final Settling Tank*

Parameter	Standar	Hasil	Keterangan
HRT (jam)*	1.5-2.5	17.464	Tidak Sesuai
OFR Q _{ave} (m ³ m ⁻² .day ⁻¹)*	25-30	3.426	Tidak Sesuai
OFR Q _{peak} (m ³ m ⁻² .day ⁻¹)*	50-70	5.207	Tidak Sesuai
SL (kg.m ² .jam)*	0.5-5	0.876	Sesuai
pH bak 1**	6-9	7.483	Sesuai
pH bak 2**	6-9	7.433	Sesuai
Efisiensi Removal(%)**			
TSS FST1	50-65	86.348	Tidak Sesuai
TSS FST2	50-65	90.885	Tidak Sesuai
COD FST1	30-40	30.493	Sesuai
COD FST2	30-40	35.095	Sesuai
BOD FST1	30-40	34.433	Sesuai
BOD FST2	30-40	35.990	Sesuai

Sumber: Hasil perhitungan

Keterangan: *: Metcalf & Eddy (1991), **: Qasim (1986)

Nilai HRT yang sangat lama tersebut dikarenakan FST2 baru dioperasikan pada

tanggal 25 Februari 2016. Melihat perhitungan HRT yang memiliki hasil jauh melebihi standar, maka akan lebih efisien jika saat ini menggunakan satu bak *final settling tank* saja. Penggunaan satu bak akan dapat menghemat pengeluaran energi dalam pengaplikasiannya. Jika menggunakan satu bak maka nilai HRT adalah setengah dari HRT sekarang, yaitu sebesar 8.73 jam. Pengaplikasian satu bak *final settling tank* masih memiliki nilai HRT yang jauh diatas standar. maka dengan satu bak saja masih mampu menampung air limbah dengan debit yang jauh lebih besar dari debit sekarang.

Efisiensi removal TSS yang melampaui standar tersebut dikarenakan *final settling tank* memiliki nilai HRT yang sangat tinggi, sehingga air limbah *outlet* dari *oxidation ditch* akan tertinggal dalam *final settling tank* terlalu lama dan mengalami pengendapan yang maksimal. Sehingga manfaat yang didapatkan adalah *outlet* air limbah akan memiliki kandungan TSS yang kecil, namun kerugiannya adalah kurang efisien dalam penggunaan energy.

Nilai OFR dan HRT berbanding terbalik, jika nilai HRT terlalu tinggi melebihi standar maka OFR akan memiliki nilai yang berada jauh dibawa standar pula. *Solid loading* (SL) berdasarkan perhitungan sebesar 0,876 kg.m².jam. Standar kriteria desain *final settling tank* untuk *solid loading* adalah sebesar 0,5-5 kg.m².jam, sehingga dalam keadaan eksisting kedua *final settling tank* masih mampu menampung beban padatan yang lebih besar dari sekarang.

Efisiensi Removal Total Proses Pengolahan Secara umum proses pengolahan air limbah IPAL PT SIER-PIER berdasarkan pemeriksaan bulan April 2016 sudah berjalan optimal, namun untuk parameter TSS efisiensinya kecil. Hal tersebut dikarenakan kondisi *inlet* air limbah pada saat pengambilan sampel memiliki kandungan TSS yang kecil pula. Sehingga padatan yang mampu diendapkan tidak maksimal. Jika melihat efisiensi pada masing-masing unit bak pengendap hanya terdapat satu unit bak pengendap yang memiliki efisiensi yang rendah yaitu pada unit *secondary settling tank* yang memiliki efisiensi TSS hanya sebesar 14,365%. Efisiensi yang rendah tersebut dikarenakan kandungan TSS pada limbah sudah banyak yang teremove oleh bak pengendap pertama dan *grit chamber*, sehingga kandungan TSS yang tertinggal kecil

dan hanya mampu tereduksi dalam jumlah yang kecil. Parameter COD dan BOD memiliki efisiensi yang optimum. Hal tersebut dikarenakan unit *oxidation ditch* yang diaplikasikan memiliki kinerja yang sudah sesuai standar kriteria desain pada literatur.

Perhitungan efisiensi total proses pengolahan dihitung berdasarkan kualitas *inlet* yang pertama kali masuk ke unit pengolahan dan kualitas *outlet* yang keluar dari akhir unit pengolahan. Berikut hasilnya pada Tabel 10.

Tabel 10. Efisiensi Penyisihan IPAL

Posisi	Ulangan	pH	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Inlet IPAL	1	7	272	253.1	113.9
	2	7	424	292.8	131.8
	3	4	240	752.7	338.7
	Rata-rata	6	312	432.87	194.8
Outlet IPAL	1	7	176	79.58	35.99
	2	7	256	60.74	27.89
	3	7	88	64.89	29.20
	Rata-rata	7	173.33	68.403	31.027
Efisiensi Removal (%)			44.444	84.198	85.279

Analisis Kualitas *Outlet* Air Limbah

Hasil parameter pH, TSS, COD dan BOD akan dibandingkan dengan baku mutu air limbah bagi kawasan industri yang diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Data yang digunakan merupakan hasil analisis dari UPT Laboratorium Lingkungan, Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Pasuruan. berikut hasil analisis terdapat pada Tabel 11. Dari keseluruhan pengujian telah sesuai dengan baku mutu.

Tabel 11. Hasil Analisis *Outlet* IPAL PT SIER-PIER

Bulan dan Tahun	pH	TSS (mg.l ⁻¹)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
Maret 2015	7.13	32.8	76.8	34.8
April 2015	7.39	15.67	52.8	23.416
Mei 2015	6.56	22	57.6	17.235
Juni 2015	6.83	28.83	72.92	20.476
Juli 2015	6.38	18.4	62.24	24.262
Agustus 2015	7.18	20.8	68	17.376
September 2015	6.65	16	70.24	16.309
Oktober 2015	6.61	12	75.2	17.255
November 2015	6.82	18.8	97.28	24.383
Desember 2015	6.62	27.6	99.2	32.396
Januari 2016	7.66	20.2	83.52	30.302
Februari 2016	6.35	11.4	62.08	14.174
Maret 2016	6.33	9.2	64	30.221
Rata -Rata	6.808	32.531	72.452	23.277
Baku Mutu	6-9	150	100	50

Sumber: Hasil pengujian laboratorium BLHD Pasuruan

Analisis Kapasitas Debit Maksimal IPAL

Hasil perhitungan kapasitas debit maksimal tiap unit didapatkan nilai paling kecil terjadi pada unit *oxidation ditch*. Hal tersebut menunjukkan bahwasanya *oxidation ditch* akan lebih dahulu mencapai kapasitas maksimal debit jika debit yang terjadi telah mencapai 0.0101 m³s⁻¹. Saat ini *oxidation ditch* yang terdapat di lapang sebanya empat bak, sehingga ketika debit air limbah mende-kati 0.0101 m³s⁻¹, maka *oxidation ditch* ke-tiga harus segera dioprasikan untuk tetap mendapatkan pengolahan air limbah yang optimal. Hasil perhitungan keseluruhan unit terdapat pada Tabel 12.

Hasil kapasitas debit air limbah yang memiliki nilai paling besar adalah terjadi pada unit *grit chamber*. *Grit chamber* saat ini terdapat dua saluran dimana kedua saluran-nya dioprasikan secara bersamaan. Dengan nilai kapasitas debit maksimal yang besar tersebut untuk mengatasinya adalah dengan menutup salah satu dari saluran *grit chamber* atau mengatur level pintu air kedua saluran lebih rendah untuk mendapatkan kinerja optimal *grit chamber*. Pada kondisi eksisting diketahui memiliki nilai HRT yang jauh dibandingkan standar kriteria desain yang telah ditentukan.

Tabel 12. Hasil perhitungan kapasitas debit maksimal tiap unit

Nama Unit	Jumlah Unit	HRT Minimal (jam)	Volume Unit (m ³)	Debit Maksimal (m ³ s ⁻¹)
Bak Pengendap Pertama	1 unit	1.5	465.6	0.086
<i>Grit chamber</i>	1 unit	0.012	35.926	0.798
<i>Secondary Settling Tank</i>	1 unit	1.5	658.085	0.122
<i>Oxidation ditch</i>	2 unit	18	3274.841	0.101
<i>Final Settling Tank</i>	2 unit	1.5	1540	0.570

Final settling tank merupakan bak kedua yang memiliki kapasitas debit maksimal dengan nilai yang tinggi. Pengaplikasian *final settling tank* saat ini terdapat dua bak. Waktu tinggal *final settling tank* saat ini sangat jauh melebihi standar kriteria desain. Dalam kondisi debit sekarang pengaplikasian satu bak *final settling tank* saja sudah cukup. Jika satu bak saja yang diaplikasikan maka kapasitas debit maksimalnya adalah 0.285 m³ s⁻¹. Nilai tersebut masih lebih besar di-bandingkan dengan bak pengendap pertama dan *secondary settling tank*. Sehingga untuk mendapatkan efisiensi energi yang optimal maka bisa dilakukan dengan pengaplikasian satu bak *final settling tank*.

Pada penelitian ini diketahui bahwa pada *inlet*, debit air limbah rata-rata sebesar 0.049 m³s⁻¹ dan debit puncak sebesar 0.074 m³s⁻¹. Hasil analisis proses pengolahan didapatkan efisiensi removal tiap unit pengolahan Bak pengendap pertama (bak equalisasi) memiliki efisiensi removal TSS 62.556%, COD 44.405% dan BOD 41.893%; *Grit chamber* memiliki efisiensi removal TSS sebesar 25%; *Secondary settling tank* memiliki efisiensi removal TSS 14.365%, COD 14.792% dan BOD 18.866%; *Oxidation ditch* yang diaplikasikan terdapat dua bak. Bak pertama memiliki efisiensi removal TSS 73.016%, COD 88.389% dan BOD 89.445%. Sedangkan bak kedua memiliki efisiensi removal TSS 81.283%, COD 83.811% dan BOD 85.082%; *Final settling tank* yang diaplikasikan terdapat dua bak pertama memiliki efisiensi removal TSS 86.348%, COD 30.493% dan BOD 34.433%. Sedangkan untuk bak kedua memiliki efisiensi removal

TSS 90.885%, COD 35.095% dan BOD 35.990%; Analisis *Outlet* air limbah didapatkan hasil pengujian parameter pH, TSS, BOD dan COD yang sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013. Sedangkan efisiensi removal total IPAL pada parameter TSS 44.444%, parameter COD 84.198%, parameter BOD 85.279%.

DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengolahan Sumberdaya Dan Lingkungan*. Kansius. Yogyakarta
- Gerrady, Michael. 2002. *Settleability Problems and Loss of Solids in the Activated Sludge Process*. Environmental Protection Magazine Series. United State of America.
- Handayani, Rahayu. 2012. *Evaluasi dan Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPLC) Gedung Perkantoran Pt Pacific Paint dalam Penurunan Amonia*. Universitas Indonesia. Depok.
- Hammer, Mark. 2004. *Water and Waste Water Technology*. Prentic Hall. Singapore
- Jantrania, Anish R. 2006. *Advanced Onsite Wastewater System Technologies*. Taylor & Francis Group. USA.
- Metcalf & Eddy. 1991. *Watewater Engineerng Treatment, Disposal, Reuse*. McGraw-Hill Book Company. New Delhi.
- _____. 2004. *Watewater Engineerng, Treatment and Reuse (4th ed)*. McGraw-Hill Book. New York.
- _____. 2014. *Watewater Engineerng, Treatment and Resource Recovery (5th ed)*. McGraw-Hill Book (Asia). Singapore.
- Nemerow, Nelson L. 2009. *Water, Wastewater, Soil and Groundwater Treatment and Remediation*. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Peavy, Howard S. & Rowe, Donald R. 1985. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill Book. Singapore.
- Sawyer, Clair & Mccarty, Perry L. 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Science (5th Ed)*. McGraw-Hill Book. Singapore.
- Siregar A., Sakti. 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Kansius. Yogyakarta.
- Welch. 1992. *Ecological Effect of Waste Water*. Cambridge University Press. Sidney
- Wulandari, Dwica. 2012. *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Kantor Pusat Pertamina*. Universitas Indonesia, Depok.